

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
« ____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Разработка программного модуля расчета площадей сельскохозяйственных
контуров системы агромониторинга

Руководитель	_____	доцент, канд. техн. наук	К. В. Раевич
	подпись, дата		
Выпускник	_____		А. Е. Федоренко
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	доцент, канд. техн. наук	К. В. Раевич
	подпись, дата		

Красноярск 2018

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме «Разработка программного модуля расчета площадей сельскохозяйственных контуров системы агромониторинга».

Нормоконтролер

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

К. В. Раевич

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
« ____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В форме бакалаврской работы

Студенту Федоренко Андрею Евгеньевичу

Группа КИ14-11Б, направление 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль 09.03.02.04 «Информационные системы и технологии в медиаиндустрии».

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка программного модуля расчета площадей сельскохозяйственных контуров системы агромониторинга».

Утверждена приказом по университету № 4533/с от 29.03.2018

Руководитель ВКР Раевич К. В. доцент, канд. техн. наук.

Исходные данные для ВКР: методические указания руководителя.

Перечень разделов ВКР:

- введение;
- обзор предметной области;
- проектирование модуля;
- разработка модуля;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Руководитель ВКР

подпись, дата

К. В. Раевич

Задание принял к исполнению

подпись, дата

А. Е. Федоренко

«__»_____ 2018 г.

График

выполнения выпускной квалификационной работы студентом направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиля 09.03.02.04 «Информационные системы в медиаиндустрии».

График выполнения выпускной квалификационной работы приведен в таблице 1.

Таблица 1 — График выполнения этапов ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапа	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Ознакомление с целью и задачами работы	30.03 – 6.04	Краткое эссе по теме ВКР	Выполнено
Сбор литературных источников	6.04 – 19.04	Список источников информации	Выполнено
Анализ собранных литературных источников	19.04 – 26.04	Реферат о проблемно-предметной области	Выполнено
Уточнение и обоснование актуальности цели и задач ВКР	27.04 – 02.05	Окончательная формулировка цели и задач ВКР	Выполнено
Подготовка доклада и презентации по теме ВКР	03.05 – 10.05	Доклад и презентация по ВКР	Выполнено
Решение первой задачи	11.05 – 14.05	Доклад и презентация по первой задаче ВКР	Выполнено
Решение второй задачи	15.05 – 19.05	Доклад и презентация по второй задаче ВКР	Выполнено
Решение третьей задачи	20.05 – 25.05	Доклад и презентация по третьей задаче ВКР	Выполнено
Компоновка отчета по результатам решения задач ВКР	26.05 – 06.06	Отчет по результатам решения ВКР	Выполнено
Предварительная защита результатов ВКР	07.06	Доклад и презентация о проделанной работе	Выполнено

Окончание таблицы 1

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапа	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Нормоконтроль	08.06 – 18.06	Пояснительная записка	Выполнено
Защита ВКР	21.06	Пояснительная записка и презентация по результатам бакалаврской работы	

Руководитель ВКР

подпись, дата

К. В. Раевич

Студент

подпись, дата

А. Е. Федоренко

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Обзор предметной области.....	6
1.1 Обзор системы агромониторинга.....	6
1.2 Обзор способов расчета площади контура поля.....	7
1.2.1 Аналитический способ	7
1.2.2 Графический способ	8
1.2.3 Способ палетки	10
1.2.4 Механический способ.....	11
1.3 Обзор аналогичных модулей в других ГИС.....	13
1.3.1 Атлас ЗСХН.....	13
1.3.2 ECUADOR – GIS.....	15
1.3.3 ORBISMap	16
Вывод по главе 1	18
2 Проектирование модуля	19
2.1 Функциональные требования к модулю.....	19
2.2 Нефункциональные требования	20
2.2.1 Требования к временным характеристикам.....	20
2.2.2 Требования к исходным кодам и языкам программирования	20
2.3 Варианты использования	20
2.4 Диаграммы деятельности	21
2.5 Взаимодействие модуля с другими компонентами.....	24
Вывод по главе 2	26
3. Разработка модуля.....	27
3.1 Язык разработки.....	27
3.2 Входные данные.....	27
3.3 Выходные данные	28
3.4 Интерфейс модуля	28
3.5 Реализация модуля.....	29
Заключение	36

Список сокращений	37
Список использованных источников	38
Приложение А Техническое задание	41
Приложение Б Листинг программы модуля расчета площади.....	44
Приложение В Антиплагиат	45
Приложение Г Плакаты презентации.....	46

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день актуальность использования земли увеличивается. Земля способна сохранять свои производительные способности на протяжении нескольких лет при правильном её использовании и соответствующем уходе [4]. В то же время агропроизводителям необходимо знать какое количество земельных ресурсов у них есть для использования.

Для решения этого вопроса применяется анализ земель сельскохозяйственного назначения (ЗСХН) с помощью систем агромониторинга. Одна из таких систем была разработана в Институте космических и информационных технологий. Она включает в себя различные инструменты анализа пригодности земли для использования. Немаловажным критерием анализа земли является и ее площадь. В связи с тем, что граница одного поля, вследствие различных причин, может меняться каждый год, агропроизводителям необходимо знать точную площадь своих угодий. Уточненная площадь, в свою очередь, может влиять на размер субсидий от государства, на затраты денежных средств при обработке полей, и, даже, на затраты горюче-смазочных материалов [8].

На данный момент в рассматриваемой системе агромониторинга нет возможности автоматически рассчитать площадь своего земельного участка. В связи с этим, возникла потребность в создании модуля расчета площади контуров.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка программного модуля расчета площадей сельскохозяйственных контуров системы агромониторинга.

В рамках поставленной цели решаются следующие задачи:

- обзор предметной области;
- проектирование модуля;
- разработка модуля.

1 Обзор предметной области

Обзор предметной области состоит из обзора способов расчета площади контура поля, обзора системы агромониторинга, для которой разрабатывается модуль, а также из обзора аналогичных модулей в других Web – ГИС. Для начала нужно понять, что такое контур и из чего он состоит.

Контур — полигональный объект, состоящий из группы вершин, соединенных непрерывной линией и имеющий замкнутую площадь. То есть первая и последняя вершины контура всегда совпадают. На рисунке 1 крестами обозначены вершины, соединенные непрерывной линией.

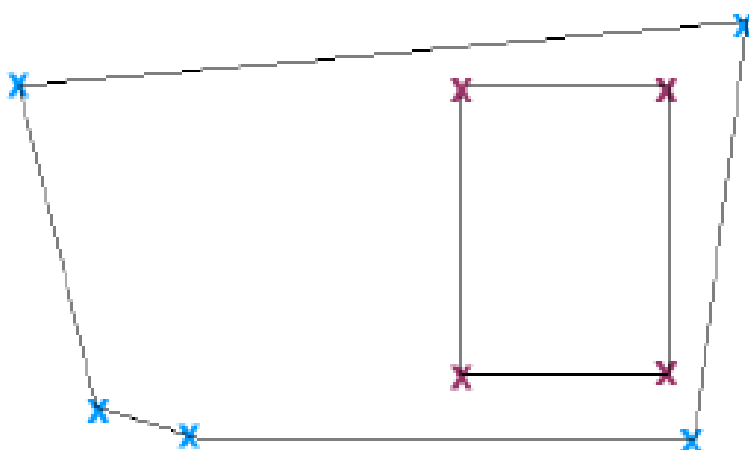


Рисунок 1 — Контур

1.1 Обзор системы агромониторинга

Автоматизированная система агромониторинга для муниципальных районов Красноярского края. Система разработана на основе геоинформационной технологии «ActiveMap». В основе системы лежит использование комбинации методов дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологий и ландшафтного картографирования, которое осуществляет непрерывный мониторинг состояния сельхозугодий. С помощью разработки можно проводить оценку использования земель сельскохозяйственного назначения, отслеживать состояние посевов, а также осуществлять совместный анализ данных, предоставленных агрохимическими службами, данных

Росреестра, результатов космосьёмки, наземных наблюдений и других источников информации [1, 15]. Общий вид системы агромониторинга можно увидеть на рисунке 2.

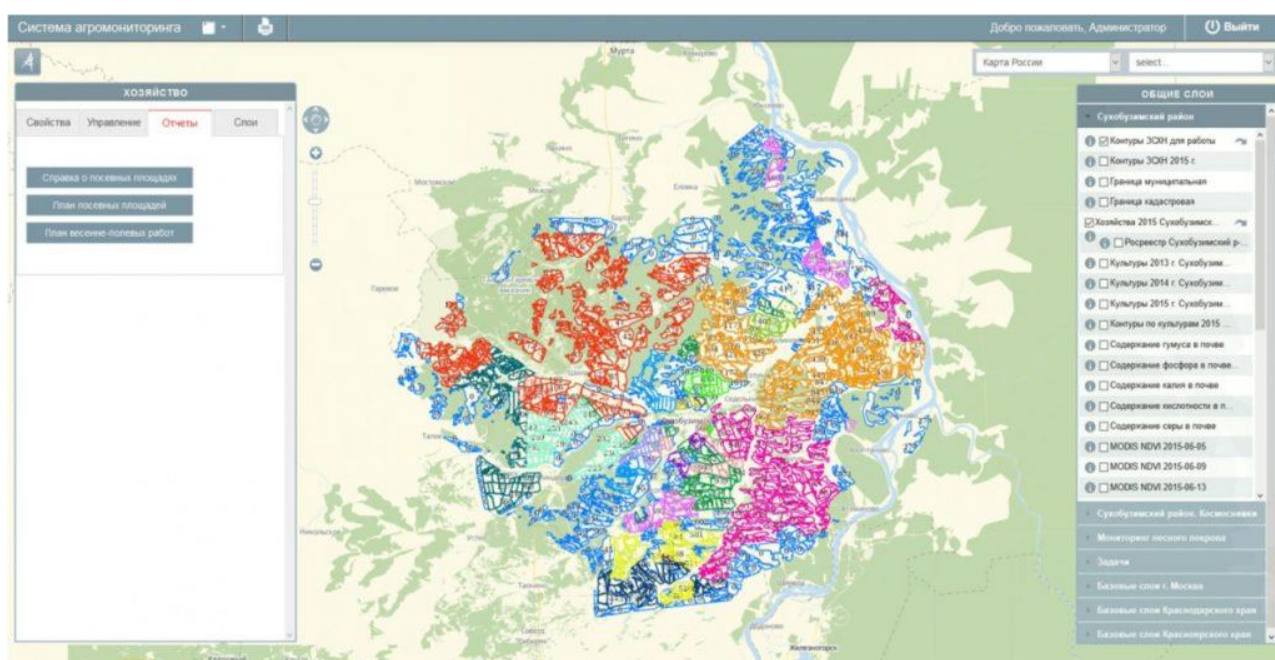


Рисунок 2 — система агромониторинга

1.2 Обзор способов расчета площади контура поля

В ходе анализа источников информации было выявлено несколько способов нахождения площади контура поля [7].

1.2.1 Аналитический способ

Аналитический способ — способ, при котором площадь заданного контура вычисляется с помощью координат вершин этого контура. В основе данного способа лежит формула площади Гаусса.

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n \right|, \quad (1)$$

где $(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$ — последовательность координат соседних друг другу вершин многоугольника.

Основным преимуществом данного способа является то, что он может использоваться при неправильной (невыпуклой) форме контура поля. На рисунке 3 можно увидеть пример контура неправильной формы.

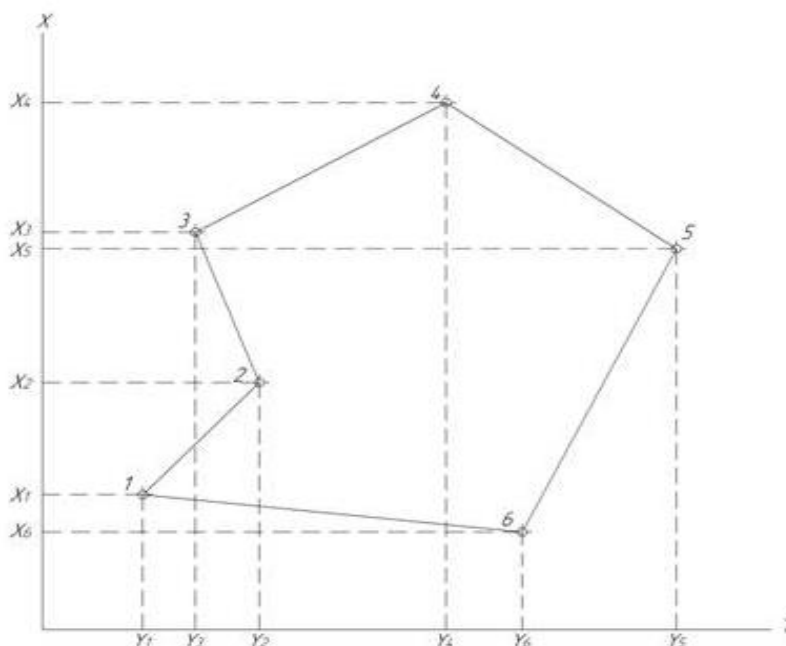


Рисунок 3 — Невыпуклая форма контура

Данный способ является наиболее точным, так как на точность влияют только погрешности измерения координат на местности. Также стоит отметить, что способ эффективен при работе с мелкими контурами, наличием колков, сложными формами границ, а также не слишком большой площадью (менее 100 га). Способ достаточно прост в использовании, никаких дополнительных построений производить не нужно.

1.2.2 Графический способ

Графический способ – способ, при котором заданный контур делят на элементарные геометрические фигуры — трапеции, треугольники и прямоугольники [8]. Общая площадь многоугольника составляется из площадей отдельных фигур. На рисунке 4 можно посмотреть разделение контура на фигуры. При расчете данным способом производятся необходимые дополнительные построения, что уменьшает точность при работе с небольшими площадями (менее 100га). Для того, чтобы проконтролировать правильность

измерений, можно рассчитать площадь дважды, построив новые фигуры и измерив у них новые длины сторон и высоты.

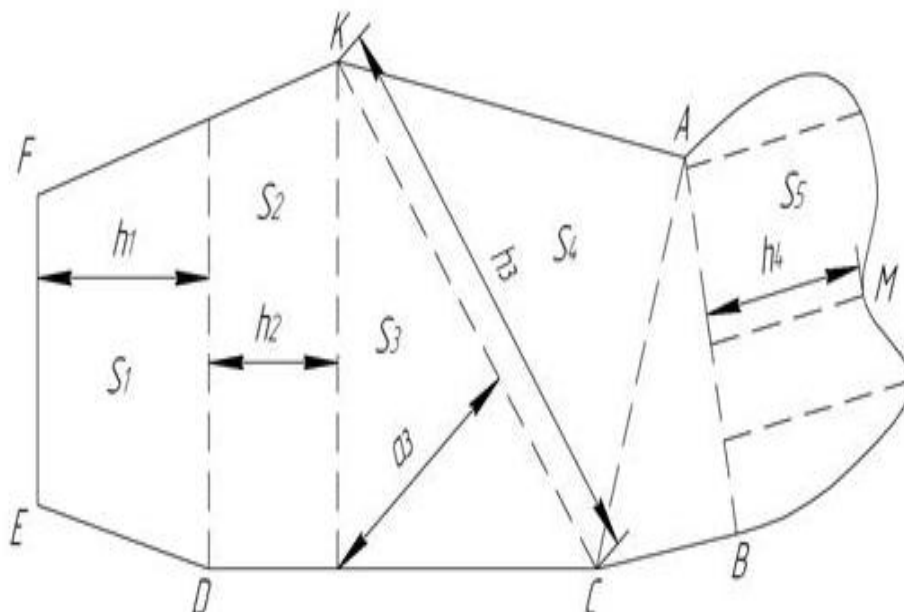


Рисунок 4 — Деление контура на элементарные фигуры

Площади всех фигур находят по общеизвестным формулам геометрии:

$$s = \frac{1}{2}(a \times h), \quad (2)$$

где s – площадь треугольника;

a – длина основания треугольника;

h – высота.

$$s = \sqrt{p(p-a) \times (p-b) \times (p-c)}, \quad (3)$$

где s – площадь треугольника;

p – периметр треугольника;

a, b, c – длины сторон треугольника.

$$s = a \times h, \quad (4)$$

где s – площадь прямоугольника;

a – ширина;

h – высота.

$$s = \frac{1}{2}(a + b) \times h, \quad (5)$$

где s – площадь трапеции;

a, b – длины оснований;

h – высота трапеции.

1.2.3 Способ палетки

Способ палетки — для определения площади на замкнутый контур накладывают палетку. Палетка представляет собой лист с квадратной сеткой. Сторона квадрата варьируется от 2 до 10 мм. Зная масштаб карты и длину стороны одного квадрата, можно определить площадь всего контура. Саму палетку можно увидеть на рисунке 5.

Площадь контура считается как сумма полных и не полностью заполненных квадратов. Данный способ нецелесообразно использовать при разработке модуля расчета площадей, так как этот способ не подходит для работы с данными ДЗЗ.

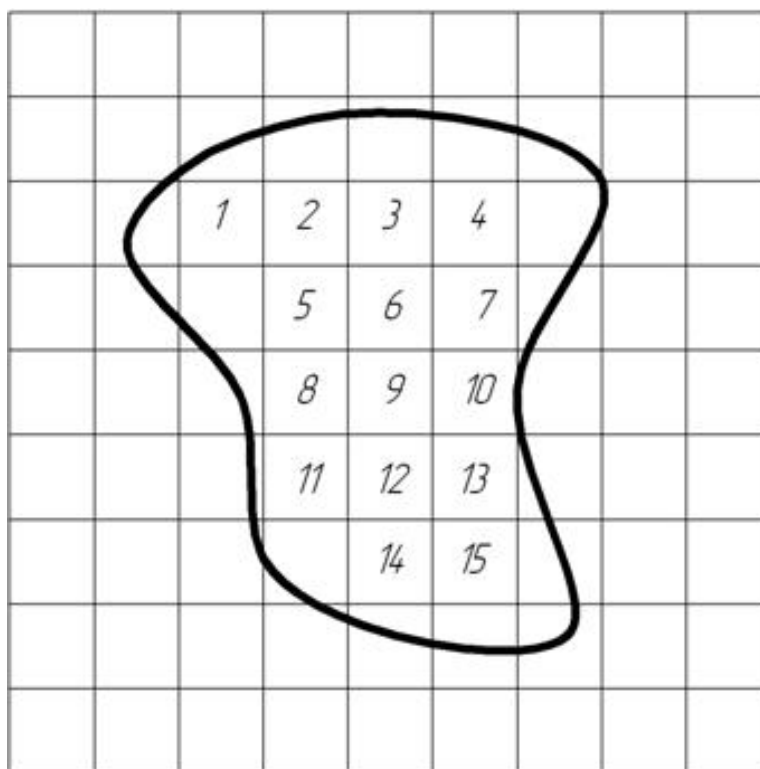


Рисунок 5 — Способ палетки

У этого способа есть существенный недостаток. При определении площади количество неполных квадратов приходится определять на глаз, что сильно влияет на точность. На рисунке 3 количество полных квадратов равно 15, а количество неполных примерно 8,5. Если принять сторону квадрата равной 1 сантиметр и масштаб карты равным 1:10 000, то площадь одного квадрата будет равна 1 квадратный сантиметр или 1 га, отсюда можно сделать вывод, что площадь контура равна примерно 23,5 гектара.

1.2.4 Механический способ

При определении площади этим способом используется специальный прибор «Планиметр». С его помощью производится расчет площади контура и заносится в систему агромониторинга. На рисунках 6 и 7 показаны прибор и его основная часть.



Рисунок 6 — Планиметр

Основная часть прибора представляет собой небольшой функциональный блок с кнопками и прибором расчета площади (рисунок 5).



Рисунок 7 — Основная часть

Далее представлено пояснение функций планиметра:

Start — начало измерений;

Hold — удержание в памяти площади измеренной фигуры. При повторном нажатии клавиши можно продолжить измерения в результате происходит накопление измерений;

End — используется для неоднократного измерения одной и той же площади;

Aver — каждое измерение сохраняется нажатием клавиши «**End**» и усредняется нажатием клавиши «**Aver**»;

On/c — включение питания/ отчистка памяти предыдущих измерений;

Off — выключение питания;

0..9 — цифровые клавиши;

m/ft — переход от метрической системы единиц к английской и наоборот;

Unit — многократное нажатие клавиши приведет к смене ед. измерения;

Scale — клавиша ввода масштаба;

D-SCL — клавиша ввода двойного масштаба;

SF? — запрос масштабного коэффициента.

1.3 Обзор аналогичных модулей в других ГИС

Для того, чтобы более четко понимать цель работы, были проанализированы несколько аналогичных модулей в других ГИС.

1.3.1 Атлас ЗСХН

Следующим шагом были проанализированы несколько Web-систем агромониторинга. Первой системой был «Атлас земель сельскохозяйственного назначения».

Созданные компоненты в системе АЗСН позволяют осуществлять мониторинг земель сельскохозяйственного назначения по материалам космической съемки высокого пространственного разрешения, автоматический сбор и обработку данных полевых обследований земель сельскохозяйственного назначения, на основе форм МОП-1В и МОП-2В, объединение всех собранных данных в единую базу. Подсистема «Электронный атлас земель сельскохозяйственного назначения» обеспечивает предоставление пространственной информации (атрибутивной, семантической, графической) в виде информационного электронного пространства широкому кругу пользователей через web-интерфейс в среде Интернет [12]. На рисунке 8 можно видеть общий вид системы.

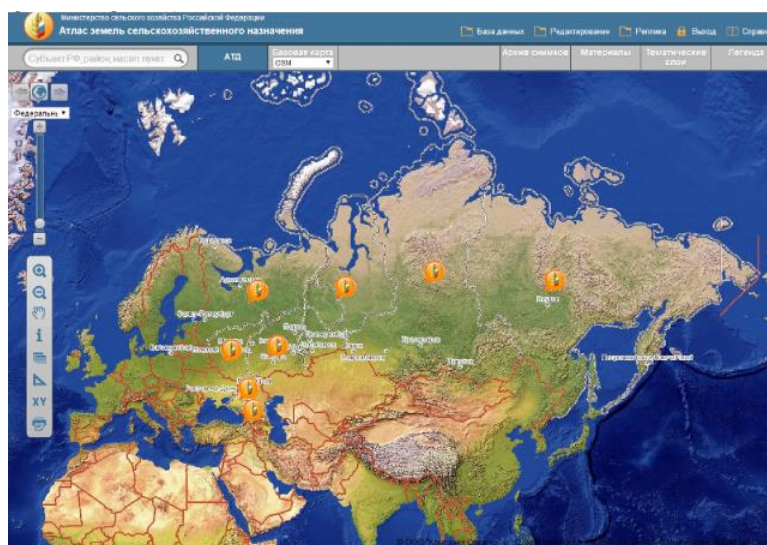


Рисунок 8 — Общий вид системы

Функционально АЗСН состоит из следующих компонентов:

- подсистема репликации векторных данных;
- подсистема доступа к материалам ДЗЗ;
- подсистема контроля качества данных;
- картографическое Web-приложение.

Система имеет достаточно удобный интерфейс, а также в ней уже присутствует модуль расчета площади контуров вместе с их периметром. Модуль способен измерять как контуры правильной формы, так и неправильной. Работу модуля можно увидеть на рисунке 9.

Взаимодействие модуля с пользователем происходит через инструмент «Измерение». Пользователь кликом мыши создает нужный ему контур, после чего двойным щелчком замыкает его. После замыкания контура появляется окно информации, в котором показана площадь и периметр контура.

Недостатком данного модуля является то, что при выделении контура нет возможности детально его отредактировать, у пользователя есть возможность оперировать только прямыми линиями. Также окно вывода информации закреплено около контура и почти во всех случаях закрывает его обзор.

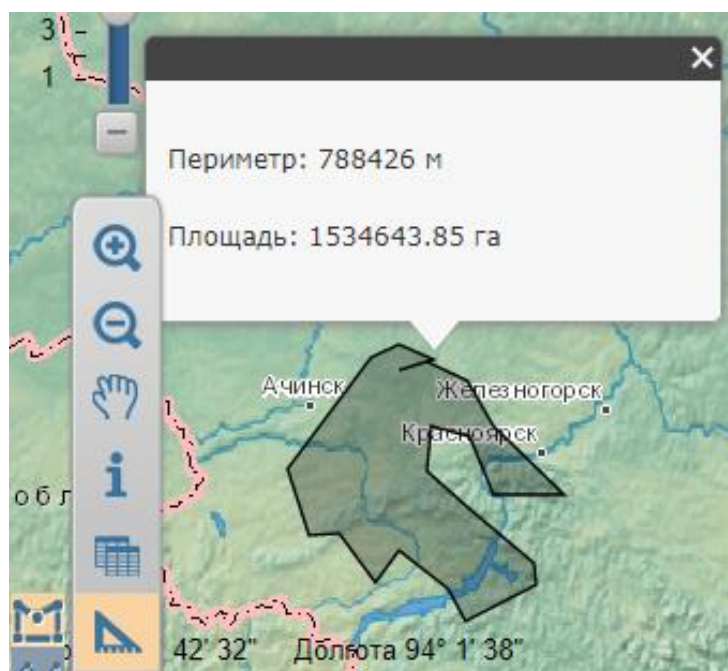


Рисунок 9 — Работа инструмента «Измерение»

1.3.2 ECUADOR – GIS

Другой системой стала Иностранная система агромониторинга ECUADOR-GIS.

В этой системе так же, как и в прошлой уже есть модуль расчета площади контуров. Взаимодействие модуля с пользователем происходит посредством инструмента «Area». Минусом системы является то, что в ней применяются только карты Google. Но, в сравнении с «Атласом ЗСХН», в системе ECUADOR-GIS намного детальнее проработан инструмент выделения контура. Можно без затруднений выделить контур любых геометрических форм, как правильной, так и неправильной формы.

Общее у двух систем то, что площадь контура в них рассчитывается аналитическим способом, описанным выше, что подтверждает его эффективность. Работу инструмента можно увидеть на рисунке 10.

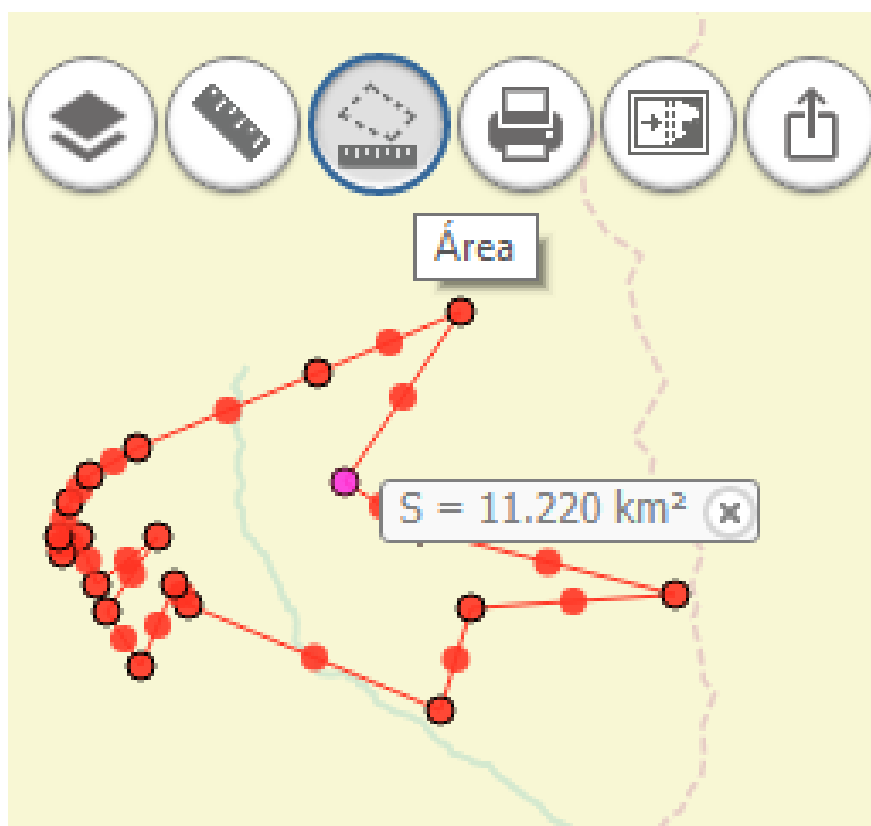


Рисунок 10 — Инструмент «Area»

1.3.3 ORBISMap

ORBISMap — современная геоинформационная платформа для визуализации, хранения и управления пространственными данными в сети Интернет.

Система предназначена для решения широкого круга задач геовизуализации, таких как построение геопорталов, визуализация корпоративных аналитических данных, хостинг геоданных, создание масштабных проектов из нескольких серверов и терабайт пространственных данных и других.

В качестве основной базы данных возможно использование российской СУБД Postgres Pro.

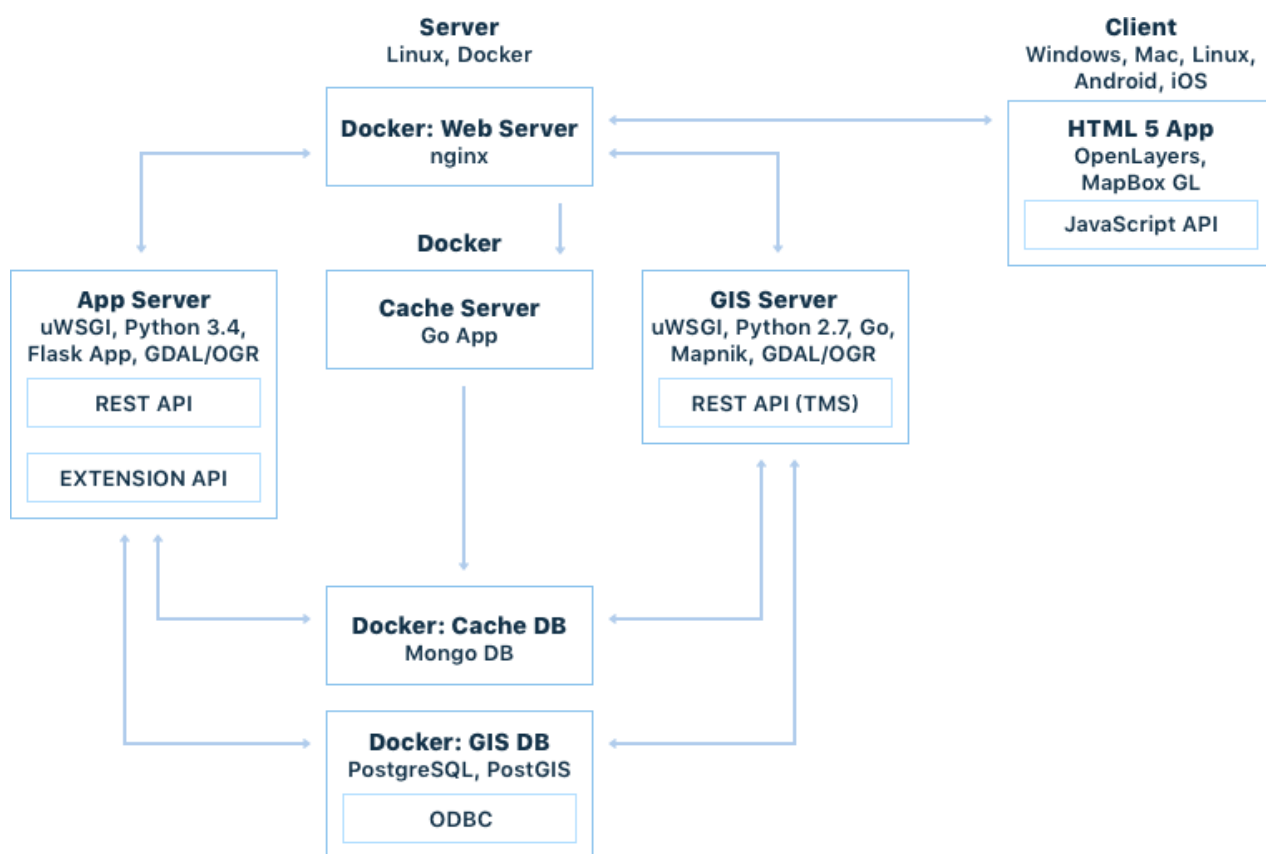


Рисунок 11 — Архитектура ORBISMap

- 1) Web Server — модуль управления. Nginx – управляющий web-сервер;
- 2) App Server — модуль приложения:
 - Flask App — Web-приложение системы администрирования;

- GDAL/OGR — библиотека для работы с географическими форматами файлов данных.
- 3) GIS Server — модуль отрисовки картографии. Mapnik — библиотека отрисовки картографических данных;
 - 4) GIS DB — модуль пространственной БД:
 - PostgreSQL — свободная объектно-реляционная СУБД;
 - PostGIS — расширение для работы с ГПД.
 - 5) Cache Server — модуль кэширования. Go App — сервис кэширования тайловых карт и REST API;
 - 6) Cache DB — модуль БД кэширования. MongoDB — документоориентированная СУБД;
 - 7) HTML5 App — клиентское одностраничное приложение на базе HTML5 и JavaScript:
 - OpenLayers — библиотека отрисовки карт средствами Canvas;
 - MapBox GL — библиотека отрисовки карт средствами WebGL.

На рисунке 12 показано главное окно системы ORBISMap.

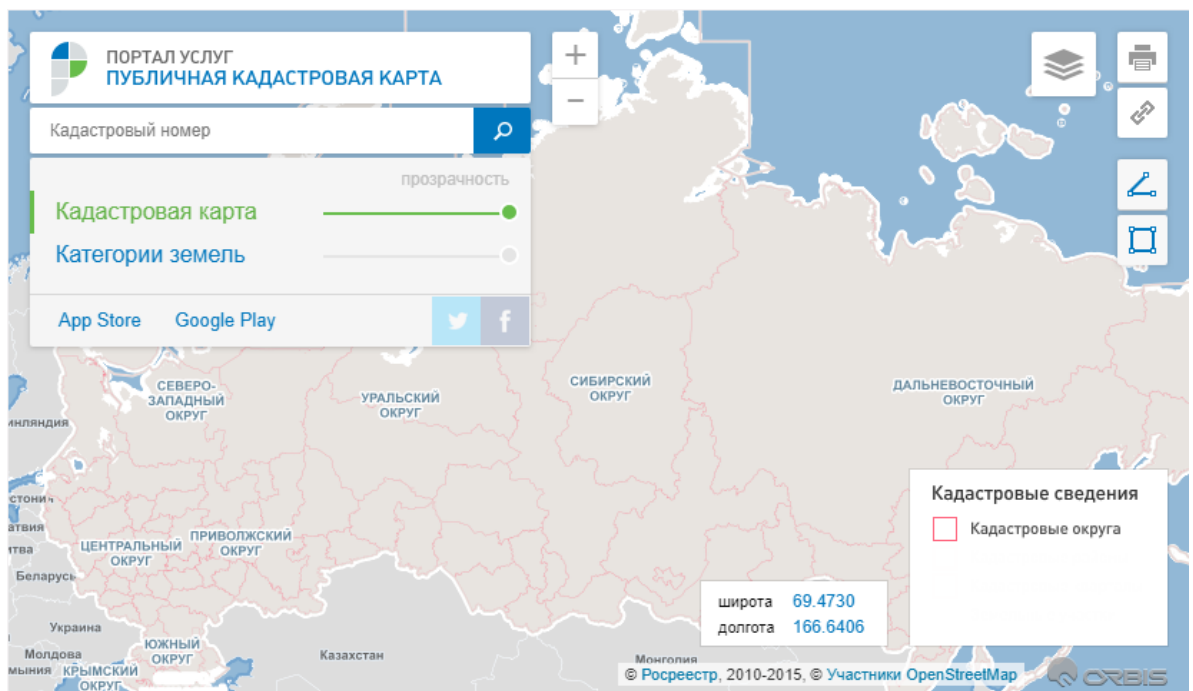


Рисунок 12 — система ORBISMap

В данной системе также присутствует модуль расчета площади, но он обладает некоторыми недостатками:

- нет возможности перемещать точки на контуре;
- нет возможности удалять точки с контура.

Вывод по главе 1

Проанализировав несколько способов расчета площади контура, а также несколько аналогичных систем агромониторинга, было принято решение, что проектируемый модуль должен быть основан на аналитическом способе.

Система агромониторинга ЗСХН, для которой разрабатывается модуль, ориентирована на потребителей в Красноярском крае. Большинство агроландшафтов Красноярского края характеризуется мелкими контурами, наличием колков, сложными формами границ, а также не слишком большой площадью (менее 100 га) [2].

Немаловажным фактором является то, что большинство полей содержит площади, непригодные для использования. Эти участки поля называются «колки». Они могут быть абсолютно разными. Все участки, которые нельзя использовать, нужно учитывать при расчете площади. Для работы в таких условиях наиболее удачно подходит аналитический способ расчета площади контура поля.

2 Проектирование модуля

Следующим этапом проекта было выявление требований к разрабатываемому модулю и его проектирование.

2.1 Функциональные требования к модулю

Модуль должен выполнять расчет площади выделенного пользователем контура, а также позволять пользователю получить эту информацию в понятном для него виде. Также в связи с тем, что земельные ресурсы, в большинстве случаев, содержат «колки», то есть древесно-кустарниковую растительность, модуль должен корректно рассчитывать площадь контура поля без них [1]. В некоторых случаях у пользователя может появиться потребность в редактировании контура. Исходя из этих задач, можно сформулировать следующие требования к модулю. Модуль должен обеспечивать:

- реализацию функционала расчета общей площади контура;
- реализацию функционала расчета площади контура с возможностью исключения участков заданного типа, таких как:
 - болотистая местность;
 - водные объекты;
 - древесно-кустарниковая растительность.
- реализацию функционала редактирования границ контура путем дробления его отдельных участков с помощью:
 - добавления вершины на контур;
 - удаления вершины с контура;
 - перемещения вершин контура.
- реализацию функционала сохранения отредактированного контура.

2.2 Нефункциональные требования

2.2.1 Требования к временным характеристикам

Значения, полученные в результате расчетов, используются только в режиме реального времени, в базе данных системы не сохраняются.

2.2.2 Требования к исходным кодам и языкам программирования

Исходные коды должны быть реализованы на языке «JavaScript».

2.3 Варианты использования

В ходе выявления вариантов использования, выделяется один вариант использования «Работа контуром». На диаграмме показаны действия, доступные пользователю.

«Работа с контуром» включает в себя функции: «Рассчитать площадь с учетом колков», «Рассчитать площадь без учета колков» и «Редактировать контур». Функция «Редактировать контур» расширяется функциями: «Перемещение вершины», «Добавление вершины» и «Удаление вершины», функция «Завершить редактирование» включает в себя функцию сохранения контура.

Функции, выполняемые модулем, показаны на диаграмме вариантов использования. Диаграмма показывает отношения между актером (пользователь) и вариантами использования (прецедентами) [17]. На рисунке 13 показана непосредственно диаграмма вариантов использования.



Рисунок 13 — Диаграмма вариантов использования

Пользователю доступны следующие возможности:

- рассчитать площадь контура с учетом колков;
- рассчитать площадь контура без учета колков;
- редактирование контура путем дробления на более мелкие участки для повышения точности, то есть создание, удаление и перемещение вершин контура;
- сохранение отредактированного контура.

2.4 Диаграммы деятельности

Для рассмотрения были выбраны два прецедента:

- редактировать контур;
- рассчитать площадь контура.

Прецедент «Редактировать контур».

Краткое описание: Пользователь редактирует выбранный контур.

Поток событий

Прецедент начинается, когда «пользователь» выбирает деятельность «Редактировать контур» в окне выбора действий над контуром.

1. «Пользователь» выбирает «Редактировать контур»;
2. «Система» отображает вершины выделенного контура;
3. «Пользователь» редактирует контур путем перемещения, создания и удаления вершин на нем;
4. «Пользователь» выбирает «Завершить редактирование»;
5. «Система» выводит запрос о сохранении контура.

Точка расширения

Если пользователь решит, что ему не нужно сохранять отредактированный контур, то контур вернется в исходный вид. Если сохранение потребуется, то система сохранит новый контур в базе данных. На рисунке 14 представлена диаграмма деятельности прецедента «Редактировать контур».

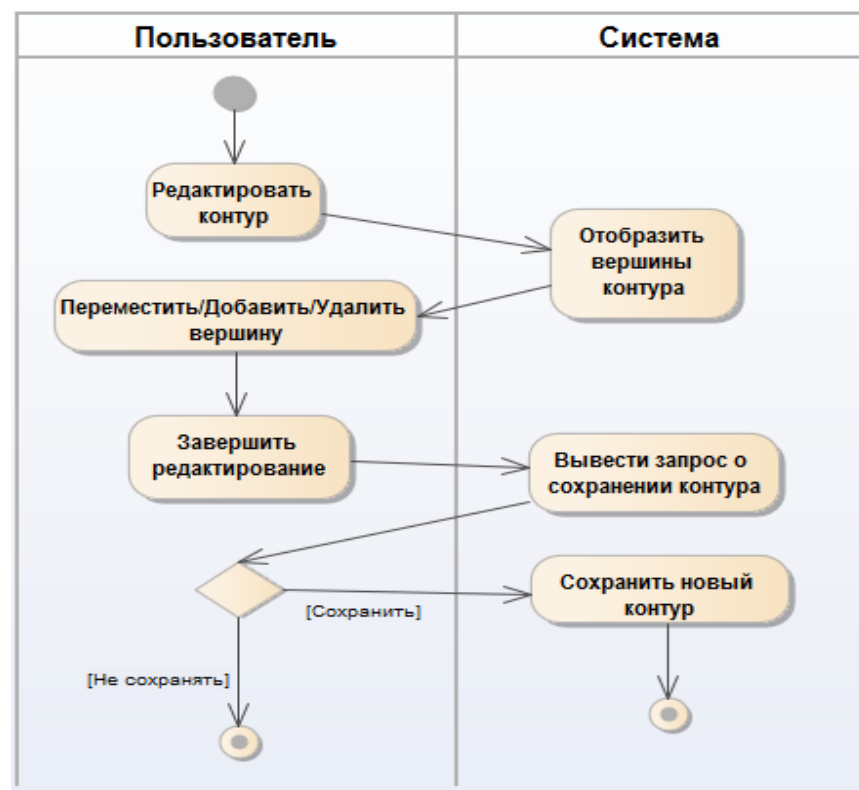


Рисунок 14 — Диаграмма деятельности прецедента «Редактировать контур»

Прецедент «Рассчитать площадь контура».

Краткое описание: Пользователь получает площадь контура.

Поток событий

Прецедент начинается, когда «пользователь» выбирает деятельность «работа с контуром» в панели инструментов системы.

1. «Пользователь» выбирает «Работа с контуром»;
2. «Система» отображает окно действий над контуром;
3. «Пользователь» выбирает «расчет площади»;
4. «Система» рассчитывает площадь и выводит полученное значение.

На рисунке 15 можно увидеть диаграмму деятельности прецедента «Расчет площади».

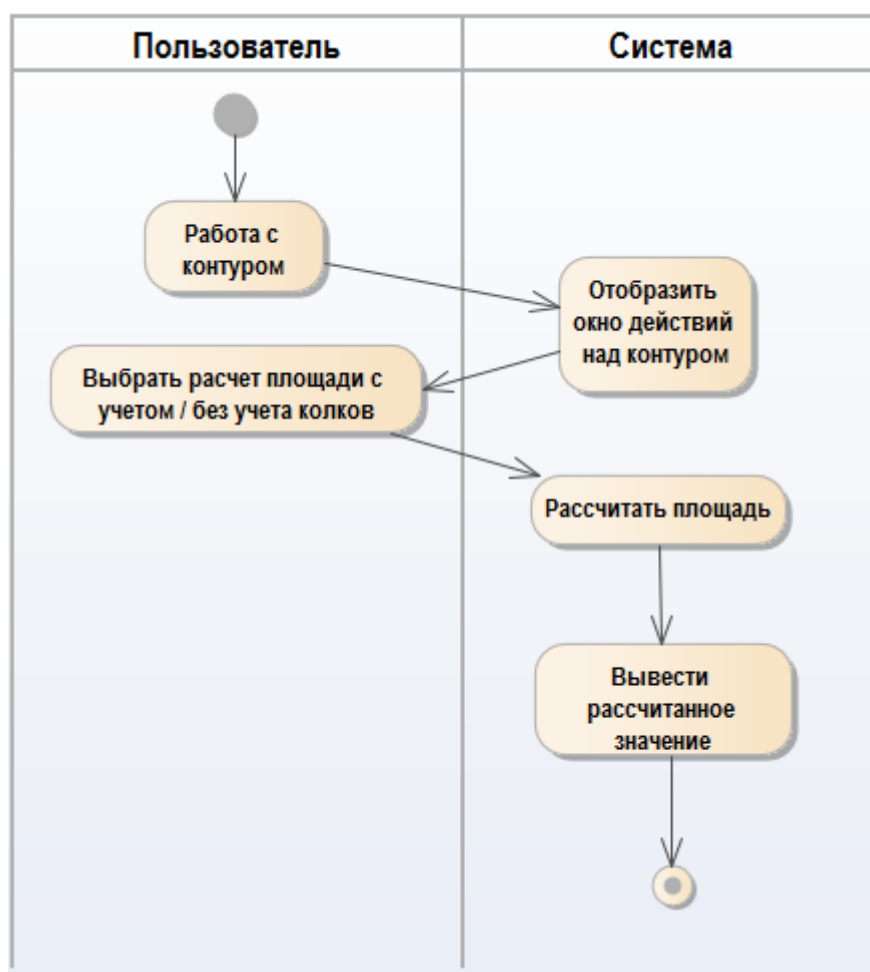


Рисунок 15 — Диаграмма деятельности прецедента «Расчет площади»

2.5 Взаимодействие модуля с другими компонентами

Модуль расчета площади контуров полей находится в подсистеме обработки геопространственных данных (ГПД). Подсистема обработки ГПД включает в себя средства автоматического и автоматизированного режима обработки растровых и векторных ГПД. Сама подсистема представлена на рисунке 16.

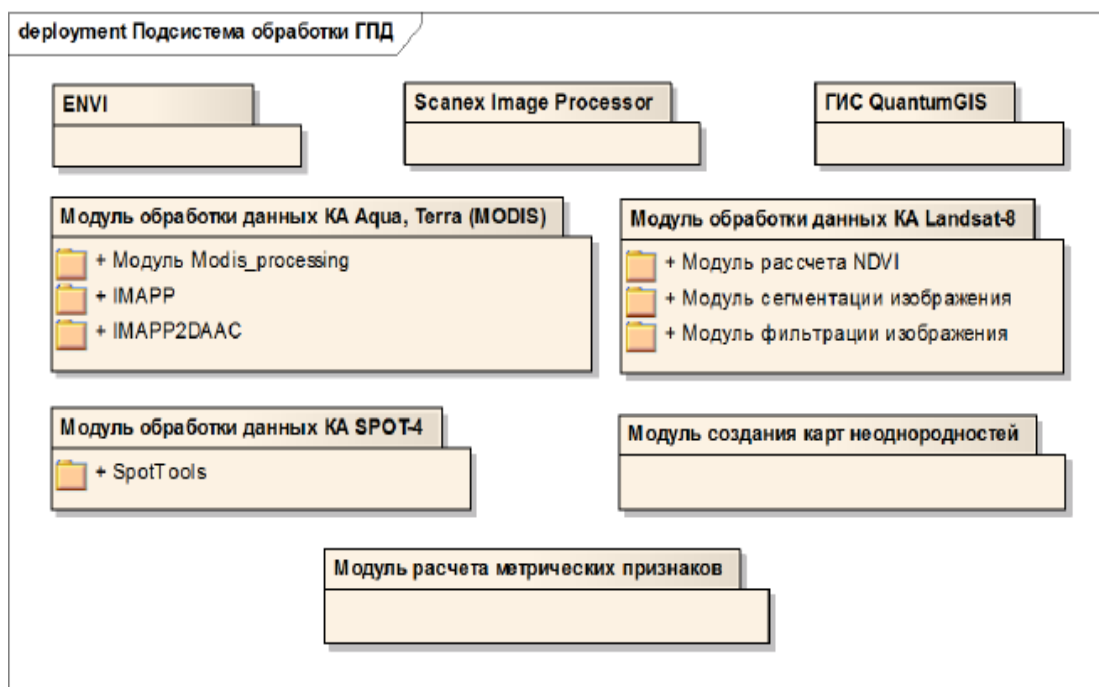


Рисунок 16 — Подсистема обработки ГПД

Модуль взаимодействует с:

- подсистема администрирования;
- подсистема получения данных ДЗЗ;
- подсистема хранения.

С помощью подсистемы администрирования происходит взаимодействие с подсистемой визуализации для вывода данных.

В работе системы получения данных ДЗЗ был использован открытый источник данных ДЗЗ Американской геологической службы (United States Ground Survey — USGS) [10, 11], на котором публикуются данные программ

Landsat, Aqua, Terra, Sentinel и некоторые другие. Данный алгоритм рассчитан на поиск и получение данных Landsat-8 и Sentinel-2A.

Landsat-8 является продолжением программы Landsat разработки Orbital Sciences Corporation (OSC) и Ball Aerospace США, поставляя данные для различных отраслей экономики и в частности для сельского хозяйства.

Подсистема хранения используется модулем для взятия уже существующих контуров полей из СУБД PostgreSQL. База данных создана на основе СУБД PostgreSQL 9, позволяющей хранить в реляционном представлении помимо атрибутов объекта и сами векторные объекты с использованием специального пространственного типа данных ST_Geometry [13].

Тип данных ST_Geometry использует спецификацию пользовательских типов данных SQL 3 (UDT), что позволяет создавать столбцы, в которых могут храниться пространственные данные, в частности, двумерные многоугольники (полигоны). Данный вид хранения расширяет возможности базы данных, обеспечивая хранение для объектов (точек, линий и полигонов), которые представляют графические объекты [2]. Взаимодействие модуля с другими подсистемами можно увидеть на рисунке 17.

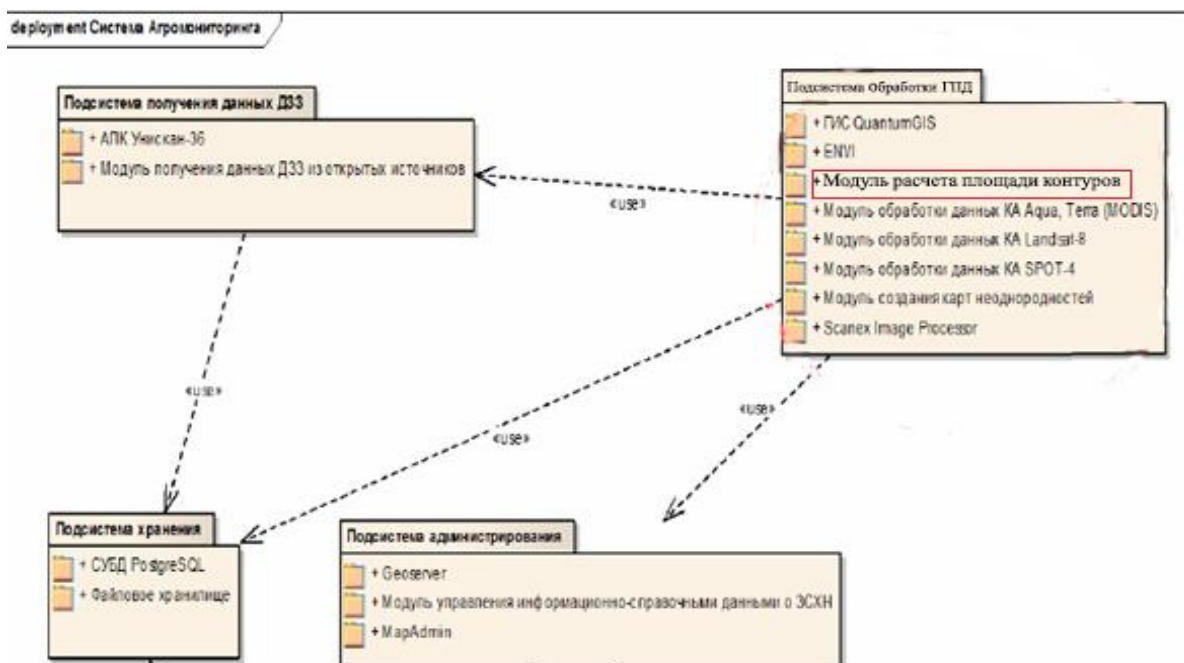


Рисунок 17 — Логическая структура системы агромониторинга

Вывод по главе 2

В результате проделанной работы были выявлены требования, предъявляемые к модулю расчета площади сельскохозяйственных контуров с учетом особенностей местности, для которой работает система агромониторинга, а также определено его место в системе. На основании выявленных требований была построена UML-диаграмма вариантов использования модуля и диаграмма деятельности прецедентов.

3. Разработка модуля

После выявления способа расчета, а также основных требований к разрабатываемому модулю, можно приступить к его разработке.

3.1 Язык разработки

Так как разрабатываемый модуль внедряется в уже функционирующую систему, и одним из требований при разработке было то, чтобы модуль в дальнейшем можно было использовать не только в данной системе, но и подключать к другим аналогичным системам агромониторинга. Было принято решение, что модуль будет разрабатываться на языке JavaScript

JavaScript не предназначен для создания автономных приложений. Программа на JavaScript встраивается непосредственно в исходный текст HTML-документа и интерпретируется браузером по мере загрузки этого документа. С помощью JavaScript можно динамически изменять текст загружаемого HTML-документа и реагировать на события, связанные с действиями посетителя или изменениями состояния документа или окна.

Важная особенность JavaScript — объектная ориентированность. Программисту доступны многочисленные объекты, такие, как документы, гиперссылки, формы, фреймы и т.д. Объекты характеризуются описательной информацией (свойствами) и возможными действиями (методами) [16].

3.2 Входные данные

На вход модуля поступают координаты вершин контура. Координаты подаются в виде ширины и долготы точек. Эти данные уже содержатся в системе в виде массива координат и находятся в переменной «objGeometry». Массив координат можно увидеть на рисунке 18.

```
{
  "type": "MultiPolygon",
  "coordinates": [
    [
      [
        [92.98424733, 56.37384015],
        [92.98402414, 56.37536325],
        [92.98383837, 56.37608362],
        [92.9838752, 56.37672169],
        [92.98524751, 56.37719526],
        [92.98647174, 56.37690724],
        [92.98721374, 56.376578],
        [92.98851215, 56.37620764],
        [92.98988467, 56.37606368],
        [92.99058946, 56.37600199],
        [92.99144279, 56.37524049],
        [92.99311202, 56.37495243],
        [92.99389097, 56.37493189],
        [92.99448452, 56.3744791],
        [92.99411364, 56.37419092],
        [92.99255585, 56.37384093],
        [92.99199959, 56.37328516],
        [92.99177707, 56.37318224],
        [92.98424733, 56.37384015]
      ]
    ]
  ]
}
```

Рисунок 18 — Координаты точек контура

3.3 Выходные данные

На выходе работы модуля пользователь должен получить рассчитанное значение площади выделенного им контура. Значение площади должно отображаться в гектарах.

3.4 Интерфейс модуля

При разработке модуля было принято решение о том, что рассчитанное значение площади будет отображаться во всплывающем окне над выбранным контуром. Окно можно увидеть на рисунке 19.

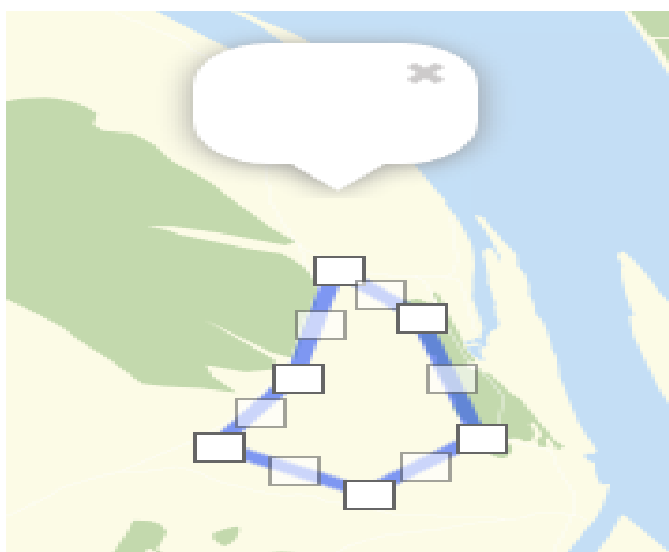


Рисунок 19 — Всплывающее окно над контуром

3.5 Реализация модуля

Так как входные данные подаются в виде широты и долготы точек, а на выходе пользователь должен получить значение площади в гектарах, возникла потребность в переводе полученного значения площади из одной величины в другую.

Территория, в которой лежат сельскохозяйственные поля находится между 92.5° в.д. и 94.7° в.д. и между 56.2° с.ш. и 56.9° с.ш. Общая площадь территории 561 260 га (5613 км^2) [2].

Для того, чтобы получить площадь выделенного полигона. строится «описывающий прямоугольник», который находится по крайним точкам выделенного полигона.

Суть работы модуля заключается в нахождении площади полигона в геометрических координатах, а также в нахождении площади описывающего прямоугольника в геометрических координатах и в квадратных километрах, проходящего через крайние точки выделенного полигона. Затем происходит вычисление площади выделенного полигона в квадратных километрах и преобразование площади в гектары.

Модуль разработан на языке JavaScript с использованием встроенного объекта «Math». Объект «Math» является объектом, хранящим в своих свойствах и методах различные математические константы и функции. В отличие от других глобальных объектов, объект «Math» не является конструктором. Все свойства и методы объекта являются статическими.

Работу модуля можно представить в виде модели черного ящика.

Система, которую представляют как «чёрный ящик», рассматривается как имеющая некий «вход» для ввода информации и «выход» для отображения результатов работы, при этом происходящие в ходе работы системы процессы наблюдателю неизвестны. Предполагается, что состояние выходов функционально зависит от состояния входов. В данном случае пользователя системы не интересует как происходит расчет площади, ему важен только

конечный результат. Для этого он выделяет нужный ему контур. На рисунках 20 и 21 можно увидеть саму модель.

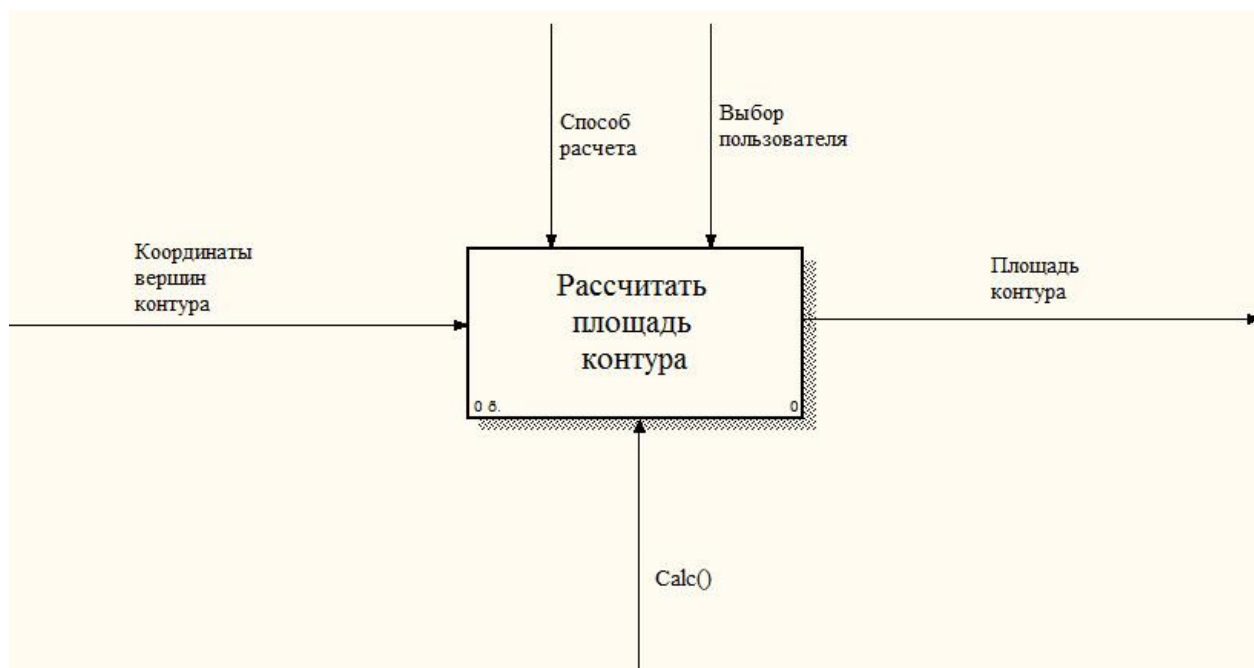


Рисунок 20 — Модель черного ящика

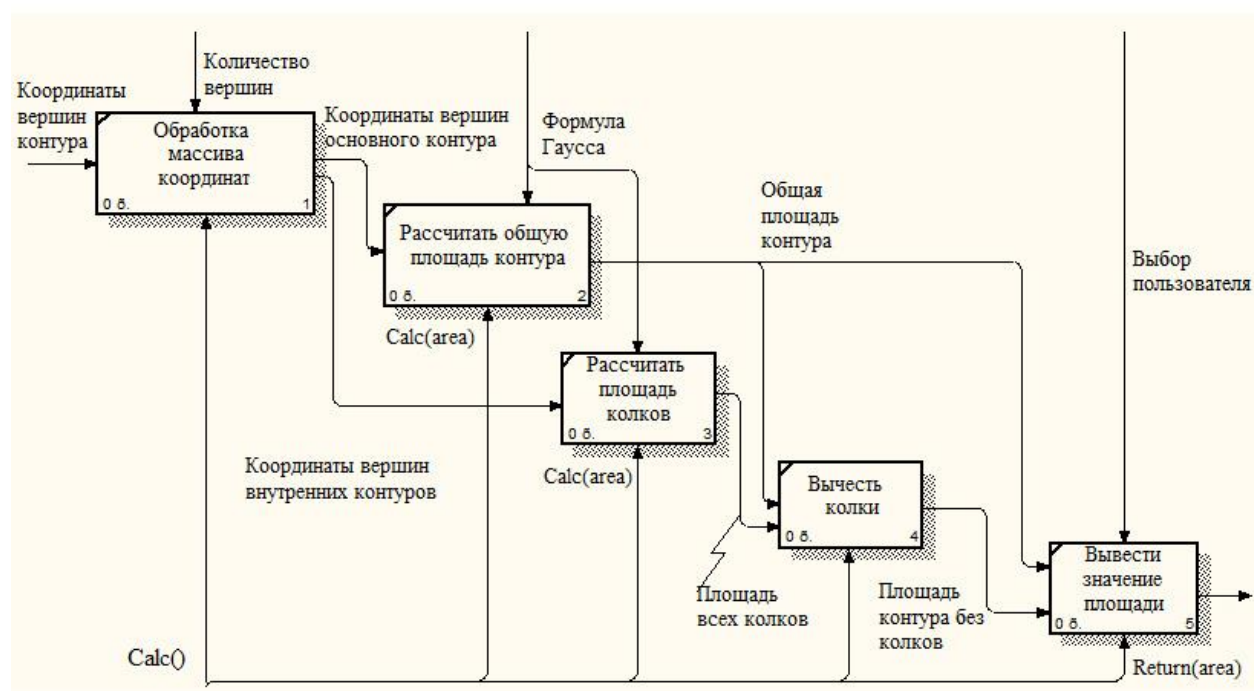


Рисунок 21 — Модель черного ящика

Немаловажным фактом является то, что модуль может рассчитывать не только площади простых контуров, но и площади сложных контуров с

дополнительно выделенными внутренними полигонами. Рисунок 22 показывает внутренние полигоны.

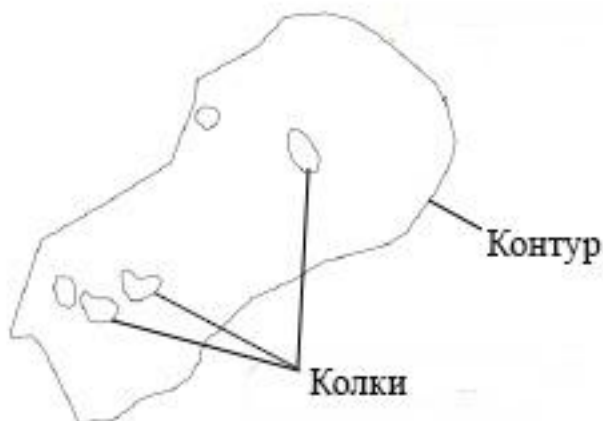


Рисунок 22 — Колки в контуре

Расчет площади такого контура происходит по такому же алгоритму, как и в случае с общей площадью, но с одним отличием. В конце всех расчетов происходит вычитание площади всех внутренних контуров (колков) из площади внешнего, тем самым получая корректное значение площади выделенного контура.

Нахождение крайних точек выделенного полигона происходит путем нахождения максимальной и минимальной широты и долготы для точек.

Построение описывающего прямоугольника происходит через крайние точки выделенного контура.

Также для нахождения площади описывающего прямоугольника $S_{км1}$ в квадратных километрах понадобятся длины центральных линий, проведенных через стороны описывающего прямоугольника. Для построения центральных линий используются усредненные значения координат крайних точек. Нахождение усредненных значений можно увидеть в переменной «bsquareAreaKM».

Нахождение расстояния между центральными линиями описывающего прямоугольника в километрах происходит при помощи формулы гаверсинуса

$$\Delta\sigma = 2\arcsin \left\{ \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) + \cos \phi_1 * \cos \phi_2 * \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right\}, \quad (6)$$

где $\Delta\sigma$ – угловая разница;

$\phi_1, \lambda_1, \phi_2, \lambda_2$ – широта и долгота двух точек в радианах.

Для перевода углового расстояния в метрическое, нужно угловую разницу умножить на радиус Земли (6372 км), единицы конечного расстояния будут равны единицам, в которых выражен радиус (в данном случае — километры).

Вычисление расстояния этим методом более эффективно и во многих случаях более точно, чем вычисление его для спроектированных координат (в прямоугольных системах координат), поскольку, во-первых, для этого не надо переводить географические координаты в прямоугольную систему координат (осуществлять проекционные преобразования) и, во-вторых, многие проекции, если неправильно выбраны, могут привести к значительным искажениям длин в силу особенностей проекционных искажений.

Итак, для нахождения площади описывающего прямоугольника $S_{км1}$ в квадратных километрах используются длины центральных линий, найденные по формуле 6.

Нахождение площади описывающего прямоугольника $S_{г1}$ в географических координатах происходит с помощью стандартной формулы геометрии:

$$S = (x_2 - x_1) * (y_2 - y_1), \quad (7)$$

где S – площадь описывающего прямоугольника;

x_1, x_2 – координаты минимальной и максимальной широты соответственно;

y_1, y_2 – координаты минимальной и максимальной долготы соответственно.

Следующим шагом находится площадь $S_{г2}$ выделенного полигона в географических координатах. Расчет площади происходит при помощи аналитического способа по формуле (1).

Теперь, когда известны три площади $S_{г1}, S_{г2}, S_{км1}$, можно найти площадь выделенного полигона в квадратных километрах:

$$\frac{S_{\text{км2}}}{S_{\text{км1}}} = \frac{S_{\text{г2}}}{S_{\text{г1}}}, \quad (8)$$

где $S_{\text{км1}}$ – площадь описывающего прямоугольника в кв. километрах;

$S_{\text{км2}}$ – площадь выделенного полигона в кв. километрах;

$S_{\text{г1}}$ – площадь описывающего прямоугольника в географических координатах;

$S_{\text{г2}}$ – площадь выделенного полигона в географических координатах;

В результате преобразований получаем формулу нахождения площади выделенного контура в квадратных километрах:

$$S_{\text{км2}} = \frac{S_{\text{км1}} * S_{\text{г2}}}{S_{\text{г1}}}, \quad (9)$$

Последним шагом станет преобразование значения площади из квадратных километров в гектары исходя из равенства 1 кв. км = 100 Га.

Для того, чтобы пользователь мог работать с модулем, было создано окно выбора действий над контуром, в котором пользователь выбирает какое действие совершить. Рисунок 23 показывает окно выбора действий.



Рисунок 23 — Окно выбора действий

Пользователь может выбрать одно из трех предлагаемых действий над контуром. На рисунке 24 приведен пример действия «Площадь с учетом колков».

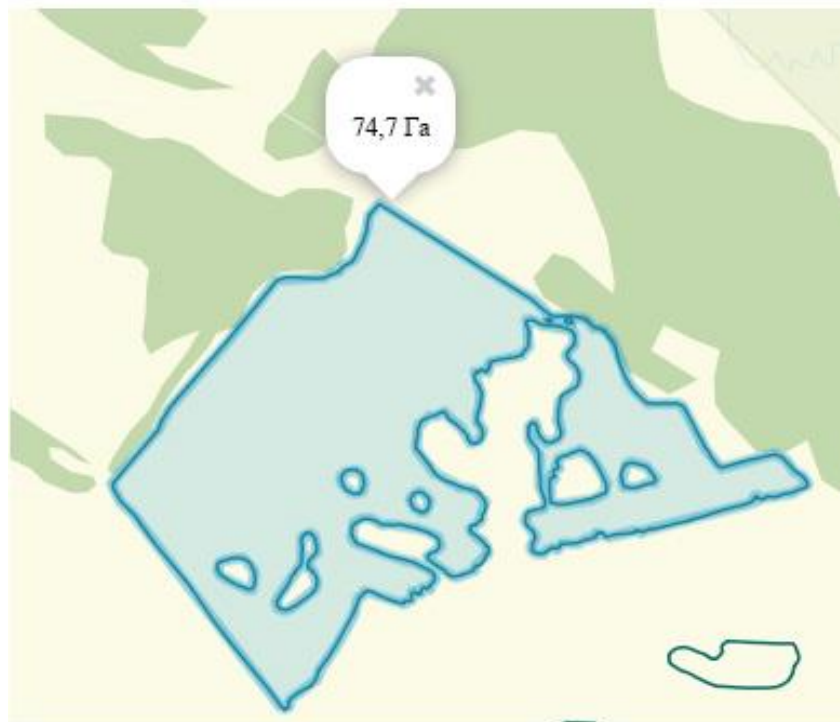


Рисунок 24 — Результат работы модуля

После того, как пользователь выделит нужный контур, ему может понадобиться отредактировать контур для более точного выделения. Чем точнее пользователь выделит контур, тем точнее будет рассчитана его площадь. Редактировать контур пользователь может перетягиванием нужных точек на контуре. Для того, чтобы переместить точку, пользователь должен навести на нее курсор и зажать левую кнопку мыши, одновременно нужную перемещая точку контура.

Также пользователь может удалить точку на контуре, тем самым соединив две соседние точки между собой. Удаление происходит путем клика по точке.

На рисунке 25 показана возможность редактирования контура.

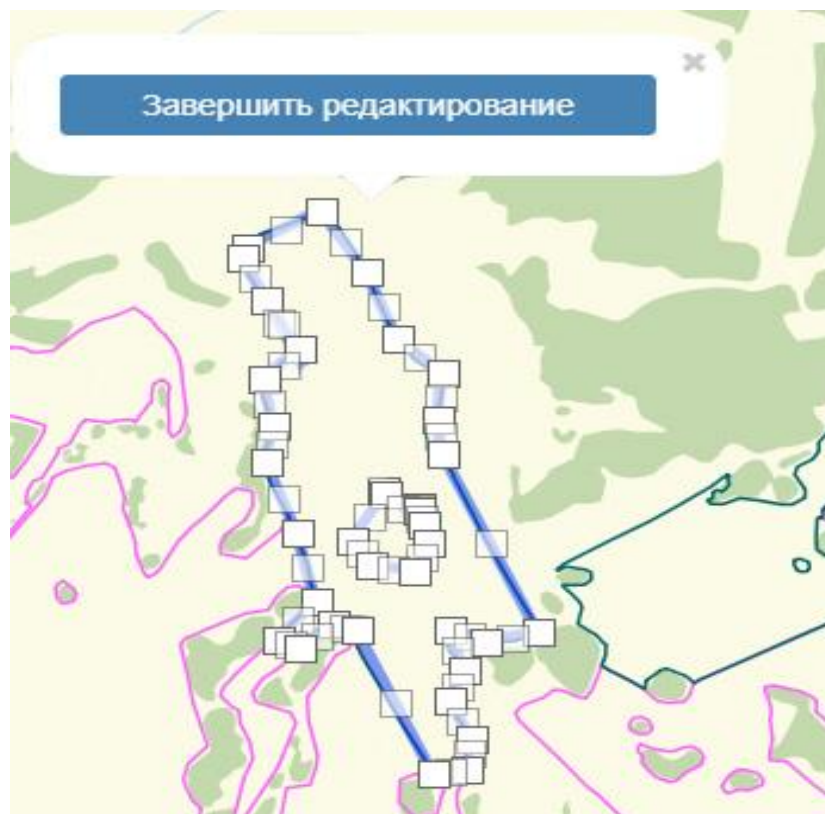


Рисунок 25 — редактирование выделенного контура

После редактирования контура пользователю может нажать кнопку «Завершить редактирование» и ему будет предложено сохранить контур либо отменить редактирование.

Разработанный модуль имеет ряд преимуществ перед аналогичными модулями в других системах агромониторинга:

- более детальный расчет площади сельскохозяйственных контуров;
- более детально проработан функционал редактирования контура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы было рассмотрено несколько типовых систем агромониторинга, имеющих различные модули, в том числе модуль расчета площади контуров. В каждой системе есть свои преимущества и недостатки, например, невозможность редактировать выделенный контур. На первом этапе работы был проведен анализ и сделан обзор модулей расчета площадей контуров полей в аналогичных системах агромониторинга. Также проведен обзор способов расчета площади контуров полей. Выявлено, что аналитический способ является наиболее подходящим для использования в данной системе. На следующем этапе были выявлены требования к разрабатываемому модулю, определен язык разработки модуля. Разработан технический проект. На конечном этапе был разработан модуль расчета площади контуров полей и проведена опытная эксплуатация. Модуль разработан на языке JavaScript для использования в системе агромониторинга НУЛ информационной поддержки космического мониторинга ИКИТ, последующей его доработки и внедрения модуля в аналогичные системы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЗСХН — земли сельскохозяйственного назначения

ГИС — географическая информационная система

ДЗЗ — дистанционное зондирование Земли

СУБД — система управления базами данных

ГПД — геопространственные данные

HTML — HyperText Markup Language

UML — Unified Modeling Language

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Раевич, К. В. Интеллектуальная система поддержки принятия управленческих решений в задачах оценки земель сельскохозяйственного назначения. / К. В. Раевич; И. В. Зеньков // ВЕСТНИК ИрГТУ – 2016. – № 5.–С. 95-103.
- 2) Брежнев, Р. В. Модели и алгоритмы информационной поддержки решения задач мониторинга объектов неоднородной пространственной структуры по данным дистанционного зондирования земли: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17 / Брежнев Руслан Владимирович. Красноярск, 2017. – 158 с.
- 3) Раевич, К.В. Разработка системы поддержки принятия решений в управлении использованием земледельческого сектора агропромышленного комплекса в регионах Сибири / К.В. Раевич, Ю.А. Маглинец, И.В. Зеньков // Вестник Иркутского государственного технического университета — 2016. — № 6 (113). — С. 89–98.
- 4) Черкасов, Станислав Игоревич. Редактор базы знаний системы поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс]: выпускная квалификационная работа бакалавра: 09.03.02 / С. И. Черкасов. — Красноярск: СФУ, 2017.
- 4) Гуреева, О. В. Особенности земель сельскохозяйственного назначения как объекта оценки // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2008. № 4. С. 78–81.
- 6) Комов, Н.В. Земельно-информационная и кадастровая система — составная часть эффективного управления земельными ресурсами / Н. В. Комов, А. С. Чешев. — Экономика и экология территориальных образований, 2016. — № 1 — 12 с.
- 7) Способы и точность определения площадей / М., Геодезиздат, 1955.

8) Гейдман, Б. П. Площади многоугольников / Б. П. Гейдман // Сер.: Библиотека «Математическое просвещение». Вып. 9. – М.: МЦНМО, 2001. – 24 с.: ил.

9) О развитии сельского хозяйства [Электронный ресурс]: федер. закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ ред. от 28.12.2017 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

10) Программно-технологическая инфраструктура информационной поддержки решения задач территориального управления / Р. В. Брежнев, Ю. А. Маглинец, Е. А. Мальцев, С. Е. Перфильев, А. Ю. Сидоров, Г. М. Цибульский, А. С. Шокол // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – Красноярск, 2012. – Т. 5, № 3. – С. 340-352.

11) Программно-технологическая инфраструктура представления и обработки геопространственной информации муниципального района / Ю. А. Маглинец, Е. А. Мальцев, Р. В. Брежнев, А. С. Соснин, Г. М. Цибульский, К. В. Шатрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Москва, 2012. – Т.9, №3. – С. 316-324.

12) Саворский, В. П. Автоматизированная система управления данными, максимизирующая скорость доступа к архиву ДЗЗ / В. П. Саворский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 5, № 2. – С. 568–570.

13) Информационный ресурс компании «Postgrespro» [Электронный ресурс]: Документация к PostgreSQL. Что такое PostgreSQL – Режим доступа: <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/10/intro-what-is>.

14) Информационный ресурс компании «Совзонд» [Электронный ресурс]: система «Атлас земель сельскохозяйственного назначения РФ». Общая информация. – Режим доступа: <http://sovzond.ru/projects/2070/>

15) Система агромониторинга [Электронный ресурс]: портал Сухобузимского района Красноярского края. – Режим доступа: <http://activemap.ikit.sfu-kras.ru/>.

16) Лазаро, Исси Коэн Полный справочник по HTML, CSS и JavaScript / Лазаро Исси Коэн, Джозеф Исси Коэн. – М.: ЭКОМ Паблишерз, 2007. – 120 с.

17) Портал Новосибирского государственного технического университета [Электронный ресурс]: диаграммы деятельности. – Режим доступа: https://ciu.nstu.ru/kaf/persons/1914/page47048/diagramm_deyatelnosti.

18) Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Д. Марка, К. Макгоуэн. – М.: МетаТехнология, 2011. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Техническое задание

1 Введение

1.1. Наименование модуля

«Модуль расчета площадей сельскохозяйственных контуров».

1.2 Краткая характеристика области применения

Модуль предназначен для расчета площади сельскохозяйственных контуров в системе агромониторинга.

2 Основания для разработки

Основанием для разработки является полученное задание на бакалаврскую работу от научно-учебной лаборатории кафедры систем искусственного интеллекта института космических и информационных технологий.

2.1 Наименование и условное обозначение темы

Наименование темы разработки — «Модуль расчета площадей сельскохозяйственных контуров системы агромониторинга».

Условное обозначение — «Модуль расчета площади».

3 Назначение разработки

3.1 Функциональное назначение

Функциональным назначением модуля является предоставление пользователю возможности рассчитать площадь нужного контура.

3.2 Эксплуатационное назначение

Программа разрабатывается для системы агромониторинга НУЛ ИКИТ.

Конечными пользователями являются:

- сотрудники НУЛ;
- агропроизводители.

4 Требования к программе или программному изделию

4.1 Требования к функциональным характеристикам

4.1.1 Требования к составу выполняемых функций

Модуль должен обеспечивать возможность выполнения перечисленных ниже функций:

- реализацию функционала расчета общей площади контура;
- реализацию функционала расчета площади контура с возможностью исключения участков заданного типа, таких как:
 - болотистая местность;
 - водные объекты;
 - древесно-кустарниковая растительность.
- реализацию функционала редактирования границ контура путем дробления его отдельных участков с помощью:
 - добавления вершины на контур;
 - удаления вершины с контура;
 - перемещения вершин контура.
- реализацию функционала сохранения отредактированного контура.

4.1.2 Требования к организации входных данных

Входные данные модуля должны быть организованы в виде массива координат точек выделенного контура.

Координаты должны храниться в базе данных системы агромониторинга в виде широты и долготы точек контура.

4.1.3 Требования к организации выходных данных

Выходные данные представляют собой рассчитанное значение площади выделенного контура. Значение площади должно отображаться в гектарах.

4.1.4 Требования к временным характеристикам

Значения, полученные в результате расчетов, используются только в режиме реального времени, в базе данных системы не сохраняются.

4.2 Требования к исходным кодам и языкам программирования

Исходные коды должны быть реализованы на языке «JavaScript».

5 Требования к программной документации

Программная документация к разрабатываемой программе не предусматривается.

6 Технико-экономические показатели

Ориентировочная экономическая эффективность не рассчитывается. Модуль распространяется без взимания платы за его использование.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ

Листинг программы

```
var resArea
function calcArea(edges)
{
  for (var i = 0; i < edges.length; i++)
  {
    var areas = new Array()
    for (var k = 0; k < edges[i].length; k++)
    {
      console.log('k')
      console.log(k)
      var area = 0;
      for ( var j = 0; j < edges[i][k].length; j++)
      {
        var x = edges[i][k][j][0]
        var y = edges[i][k][(j+1)%edges[i][k].length][1]
        console.log('-----')
        console.log('lat: '+y)
        console.log('lon: '+x)
        area += x*y
      }
      for ( var j = 0; j < edges[i][k].length; j++){
        var x = edges[i][k][(j+1)%edges[i][k].length][0]
        var y = edges[i][k][j][1]
        area =area-(y*x)
      }
      area = Math.abs(area)*0.5
      areas.push(area)
    }
    areas = areas.sort((a, b) => b - a)
    var resArea = areas[0]
    for (var j = 1; j < areas.length; j++) {
      resArea = resArea-areas[j];
    }
    console.log(areas)
    console.log('Площадь: '+resArea*6816.48)
    return resArea*6816.48
  }
}
```


Приложение В АНТИПЛАГИАТ

Результат проверки в системе «Антиплагиат»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

660049, Красноярск, пр. Свободный, 79/10, тел. (3912) 2-912-820, факс (3912) 2-912-773
E-mail: bik@sfu-kras.ru

ОТЧЕТ о результатах проверки в системе «АНТИПЛАГИАТ»

Автор: Федоренко Андрей Евгеньевич

Заглавие: Разработка программного модуля расчета площадей сельскохозяйственных контуров системы
агромониторинга

Вид документа: Выпускная квалификационная работа бакалавра

По результатам проверки оригинальный текст составляет 82,54%

В.1 — Результат проверки в системе «Антиплагиат»

ПРИЛОЖЕНИЕ Г ПЛАКАТЫ ПРЕЗЕНТАЦИИ

Плакаты презентации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Разработка модуля расчета площадей сельскохозяйственных
контуров системы агромониторинга

Руководитель: К. В. Раевич
Выпускник: А. Е. Федоренко

Красноярск 2018

Г.1 — Плакат презентации № 1

Актуальность

- границы полей изменяются каждый год;
- нет инструмента для измерения полезной площади сельскохозяйственных контуров.



2

Г.2 — Плакат презентации № 2

Цель и задачи

Цель: разработать модуль расчета площадей сельскохозяйственных контуров в системе агромониторинга на основе данных ДЗЗ.

Задачи:

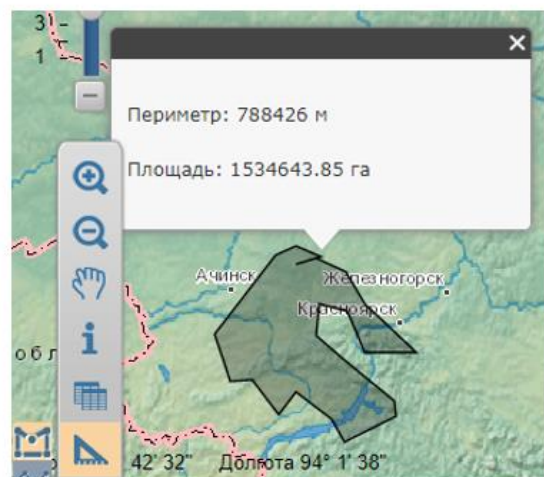
- обзор предметной области;
- проектирование модуля;
- разработка модуля.

3

Г.3 — Плакат презентации № 3

Атлас земель сельскохозяйственного назначения

- при выделении контура используются прямые линии, что приводит к погрешности выделения;
- трудности при выделении контуров сложной формы;
- текущее окно вывода информации ограничивает рабочую область.

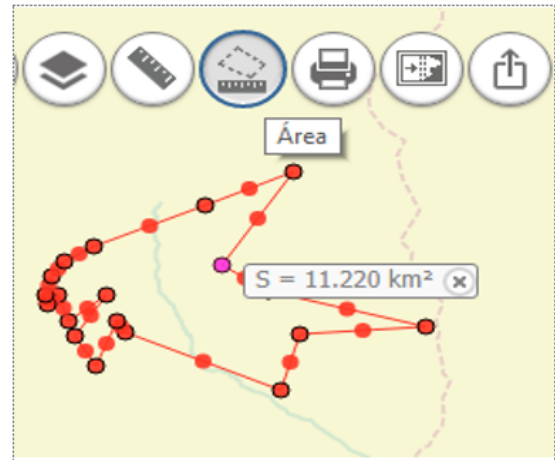


4

Г.4 — Плакат презентации № 4

ECUADOR-GIS

- для изучения карт применяются только Google карты;
- есть возможность выделять контуры любой формы без затруднений;
- интуитивно понятный интерфейс.



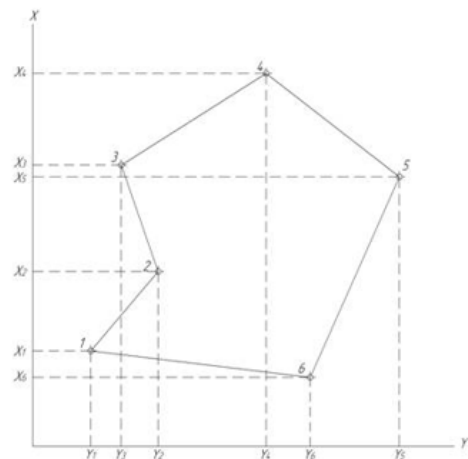
5

Г.5 — Плакат презентации № 5

Формула Гаусса

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n \right|,$$

где i - это порядковый номер вершин контура от 1 до n ;
 n - число вершин контура;
 x, y - координаты вершин контура.



6

Г.6 — Плакат презентации № 6

Учет колков при расчете площади

Колки – участки с древесно-кустарниковой растительностью.



7

Г.7 — Плакат презентации № 7

Требования к модулю:

- реализация функционала расчета общей площади контура;
- реализация функционала расчета площади контура с возможностью исключения участков заданного типа;
- реализация функционала редактирования границ контура путем дробления его отдельных участков для повышения точности указания границ;
- реализация функционала редактирования контура путем перемещения вершин контура;
- реализация функционала сохранения отредактированного контура.

8

Г.8 — Плакат презентации № 8

Диаграмма вариантов использования



9

Г.9 — Плакат презентации № 9

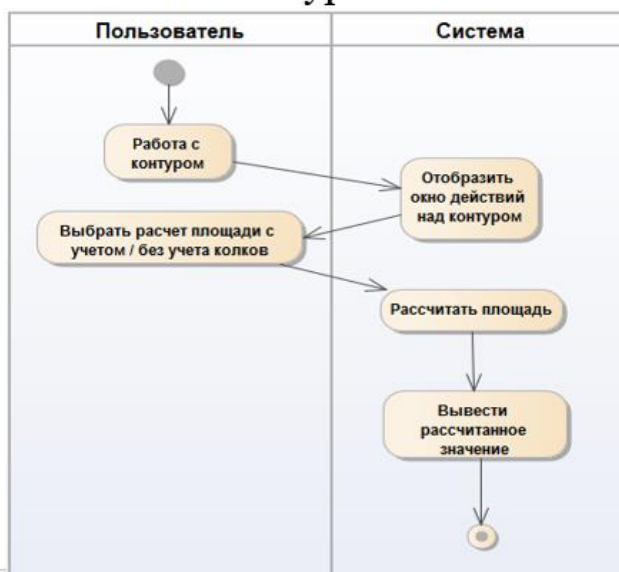
Диаграмма деятельности прецедента «Редактировать контур»



10

Г.10 — Плакат презентации № 10

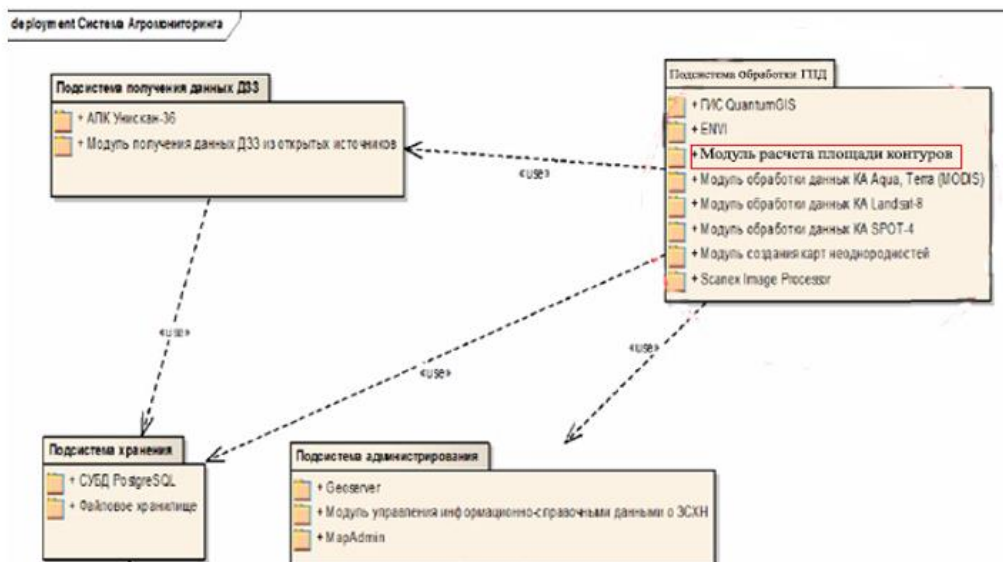
Диаграмма деятельности прецедента «Рассчитать площадь контура»



11

Г.11 — Плакат презентации № 11

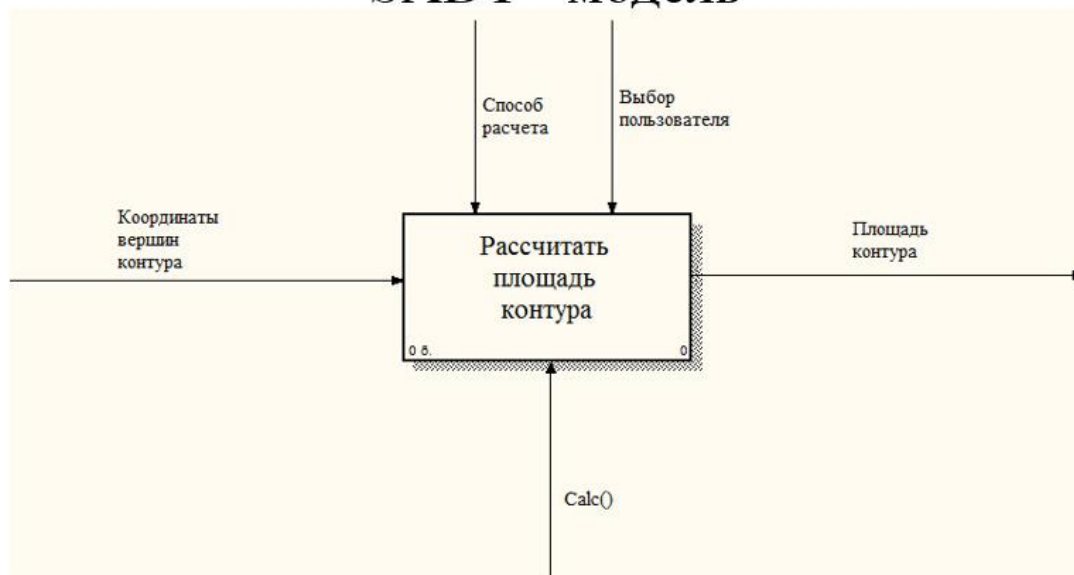
Взаимодействие модуля с элементами системы



12

Г.12 — Плакат презентации № 12

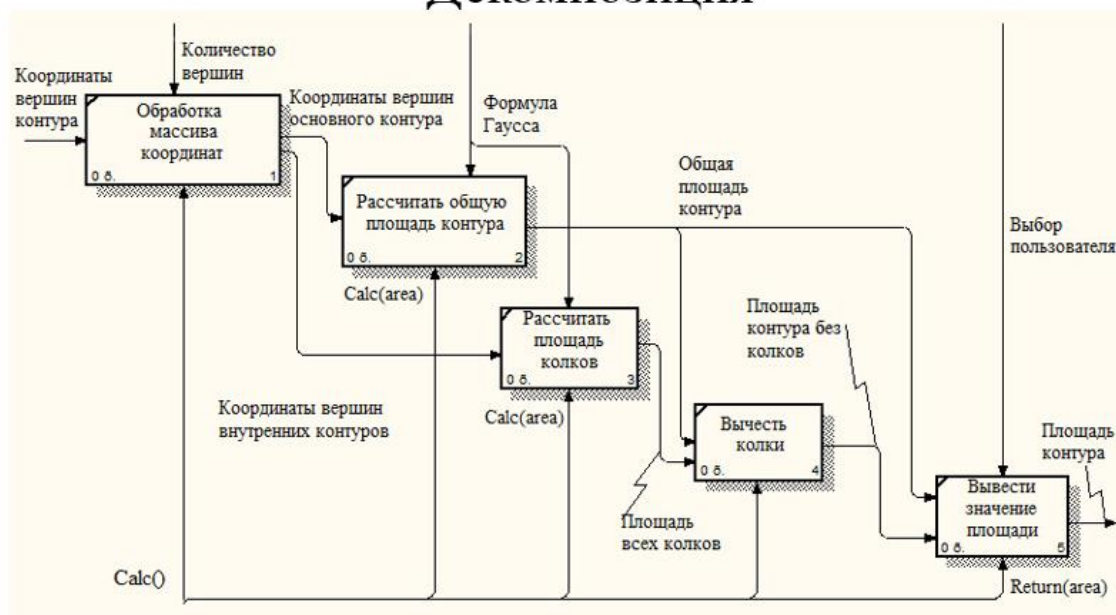
SADT - модель



13

Г.13 — Плакат презентации № 13

Декомпозиция



14

Г.14 — Плакат презентации № 14

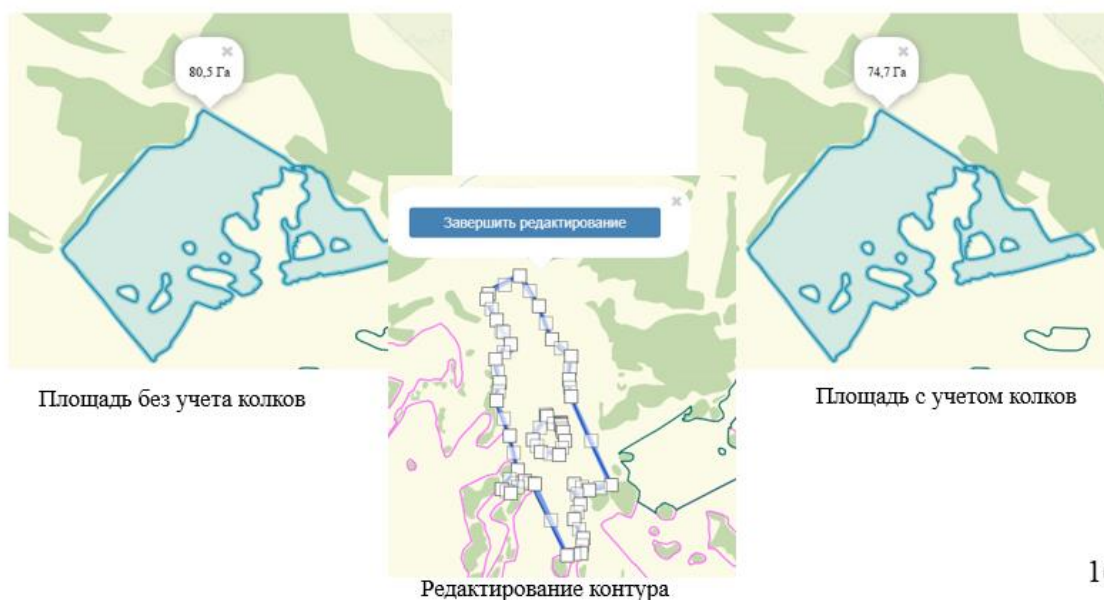
Окно выбора действий над контуром



15

Г.15 — Плакат презентации № 15

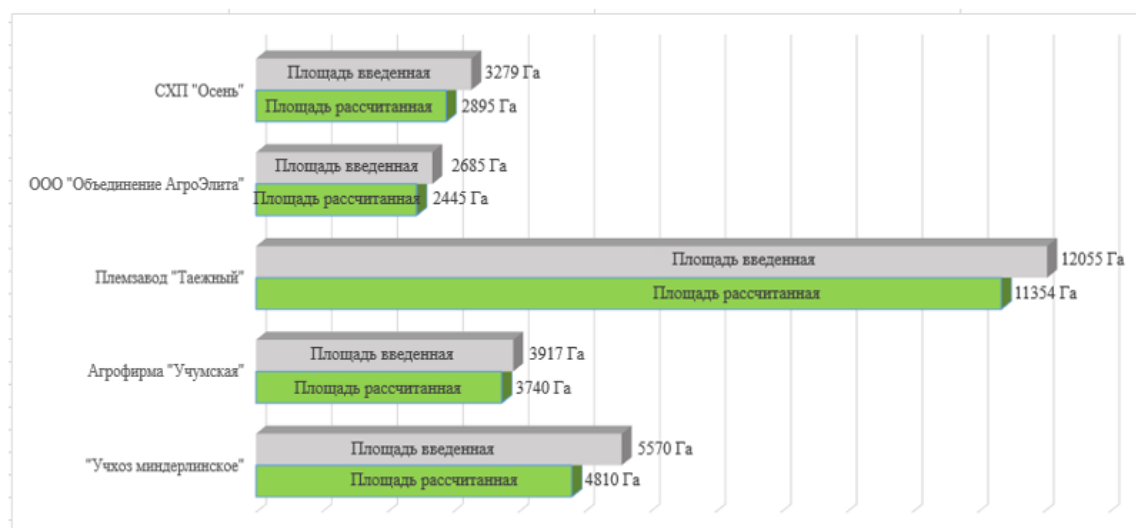
Пример работы модуля



16

Г.16 — Плакат презентации № 16

Опытная эксплуатация



17

Г.17 — Плакат презентации № 17

Практическая значимость модуля

- при расчете площади хозяйства не учитывают неиспользуемые ресурсы;
- изменяются границы пашни;
- изменяются размеры субсидий.

18

Г.18 — Плакат презентации № 18

Заключение

- выполнен обзор способов расчета площади и обзор аналогичных модулей в других системах агромониторинга;
- выявлены требования к модулю и выполнено проектирование;
- разработан модуль расчета площади сельскохозяйственных контуров, выполнена опытная эксплуатация.

19

Г.19 — Плакат презентации № 19